

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Zařízení pro čištění dopravníkových pásů

Device for Conveyor Belts Cleaning

Student: Jan Vidlák

Vedoucí bakalářské práce: doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář

Datum odevzdání: 18.5. 2015

Zadání bakalářské práce

Student:

Jan Vidlák

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

2302R010 Konstrukce strojů a zařízení

Specializace:

21 Konstrukce výrobních strojů a zařízení

Téma:

Zařízení pro čištění dopravníkových pásů
Device for Conveyor Belts Cleaning

Zásady pro vypracování:

Vypracujte projekčně-konstrukční návrh zařízení pro čištění dopravníkových pásů. Návrh zařízení aplikujte na provozní podmínky vybraných provozů ArcelorMittal Ostrava a.s..

Výchozí parametry:

šířka dopravníkového pásu	1000 mm
typ (materiál) dopravníkového pásu	pryžový
povrch dopravníkového pásu	hladký
průměr vratného bubnu dopravníku	500 mm
teplota okolí dopravníku	-10 až +40
rychlost pásu	0,6 m.s ⁻¹
dopravovaný materiál	železná ruda (suchá, mokrá – dle povětrnostních vlivů), koks, mletý koks, vápenec, homogenizovaná rudná směs, aglomerát, aglomerační kaly
systém dopravníkových pásů – jednosměrné	

Proveďte:

- stručné zhodnocení stávajícího stavu techniky v dané oblasti,
- zpracování možných variant a výběr nejlepšího řešení dle zvolených kritérií,
- technickou zprávu s popisem funkce navrhovaného zařízení v návaznosti na výkresovou dokumentaci a výpočtovou část technické zprávy,
- projekční návrh kompletního zařízení pro čištění dopravníkových pásů,
- detailní konstrukční zpracování řešení pohyblivých i nepohyblivých částí zařízení včetně během zpracování určených konstrukčních uzlů,
- výkresovou dokumentaci v celkovém formátovém rozsahu cca 1xA0.

Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] FS_SME_05_003 verze: G Zásady pro vypracování diplomové (bakalářské) práce.,
- [2] ČSN ISO 690 Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [3] NĚMČEK, M.: Řešené příklady z částí a mechanismů strojů. 2. vydání. Skripta VŠB-TU Ostrava, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [4] BOHÁČEK, F. Části a mechanismy strojů I a II. Brno: VUT Brno, 1987.
- [5] LEINVEBER, J., VÁVRA, P. Strojnické tabulky (4. přepracované vydání). Úvaly, 2008, ALBRA – pedagogické nakladatelství. 914 s. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [6] Firemní literatura a podklady, odborné časopisy apod.
- [7] Literární rešerše zpracovaná v rámci ročníkového a bakalářského projektu.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář**

Datum zadání: 13.12.2014

Datum odevzdání: 18.05.2015



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry

doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřisežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh
vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny
použité podklady a literaturu.

V Ostravě 18.5.2015

..... Jan Vidleř
podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších

V Ostravě : 18.5.2015

Jan Vidlák

Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Jan Vidlák

Adresa trvalého pobytu autora práce: Mírová 513, Kobčice

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VIDLÁK, J. *Zařízení pro čištění dopravníkových pásů*: Bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a zařízení, 2015, Vedoucí práce: Kovář, L.

Bakalářská práce se zabývá návrhem zařízení na čištění dopravníkových pásů. Toto zařízení by se mělo dát aplikovat na různé dopravníky, přepravující různé materiály, které v různém množství ulpívají na dopravníkových pásích. Navrhl jsem dvoustupňové čištění, pomocí dvou zařízení, které by měli efektivně čistit pásy dopravníků.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

VIDLÁK, J. *Device for Conveyor Belts Cleaning*: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2015. Thesis head: Kovář, L.

Bachelor's thesis deals with the cleaning of conveyor belts. This device should be given to apply to various conveyors transporting various materials in various quantities remain on conveyor belts. I suggested a two-stage cleaning using two devices, which should effectively clean the conveyor belts.

Obsah

Seznam použitých značek a symbolů	9
1. Úvod	11
2. Způsoby čištění dopravníkových pásů	12
2.1 Stěrače dopravníkových pásů	12
2.2 Kartáče	13
2.3 Segmentové stěrače	14
2.4 Vibrační čistič	14
2.5 Pásy	15
2.6 Vzduchový stěrač	15
2.7 Čištění dopravních pásů pomocí ultrazvuku v tenké vrstvě vody	16
3. Návrh čistícího zařízení	17
3.1 Parametry dopravníkového pásu	17
3.2 Specifikace požadavků na zařízení	17
3.3 Stanovení funkční struktury	18
3.4 Funkce technického procesu	18
3.5 Schéma technického procesu	19
3.6 Funkční struktura	19
3.7 Morfologická matice	20
3.8 Návrhy na čištění dopravníkových pásů	21
3.8 Výsledný návrh zařízení, popis	24
4. Výpočtová část	32
4.1 Výpočet svěrného spoje	32
4.2 Výpočet pružiny	34
4.3 Výpočet čepu konzoly	37
4.4 MKP analýza konzoly	39
5. Závěr	41

6. Seznam příloh.....	42
7. Použité zdroje a literatura	42

Seznam použitých značek a symbolů

k	bezpečnost proti prokluzu třecího spojení	[-]
F	síla zatěžující svěrný spoj	[N]
L	vzdálenost síly od osy svěrného spoje	[mm]
f	součinitel tření	[-]
d	vnitřní průměr svěrného spojení	[mm]
p_D	maximální dovolený měrný tlak	[MPa]
M_T	třecí moment	[Nmm]
M_K	krouticí moment	[Nmm]
F_T	třecí síla	[N]
N	svěrná síla	[N]
A	bod ve středu mezikruží	
a	vzdálenost osy náboje od bodu A	[mm]
b	vzdálenost osy šroubu od bodu A	[mm]
F_o	osová síla ve šroubu	[N]
F_o'	vypočítaná osová síla	[N]
D	velký průměr objímky	[mm]
l	délka náboje	[mm]
D_s	střední průměr pružiny	[mm]
D_1	vnější průměr pružiny	[mm]
d_d	průměr drátu pružiny	[mm]
F_8	síla vyvinutá pružinou ve stavu plně zatíženém	[N]
n	počet činných závitů	[-]
G	modul pružnosti ve smyku	[MPa]
l_0	délka pružiny ve volném stavu	[mm]
K	korekční součinitel napětí v krutu	[-]
i	poměr vinutí	[-]
τ_0	napětí pružiny ve stavu předpruženém	[MPa]
F_0	předpětí tažné pružiny	[N]
s_8	roztahení pružiny při plném zatížení	[mm]
τ_8	napětí materiálu pružiny v krutu ve stavu plně zatíženém	[N]

l_8	délka pružiny ve stavu plně zatíženém	[N]
c	tuhost pružiny	[N/mm]
F_1	síla zatěžující čep konzoly	[N]
a_1	délka náboje konzoly	[mm]
b_1	délka uložení čepu	[mm]
d'_ζ	vypočtený průměr čepu	[mm]
σ_{D0}	maximální dovolené napětí v ohybu	[MPa]
d_ζ	normalizovaný průměr čepu	[mm]
τ_D	maximální dovolené napětí ve smyku	[MPa]
p_D	maximální dovolený měrný tlak	[MPa]
p_1	měrný tlak v konzole	[MPa]
p_1	měrný tlak v uložení čepu	[MPa]

1. Úvod

Bakalářskou práci na téma: *Zařízení pro čištění dopravníkových pásů* jsem si zvolil proto, jelikož na katedru přišel požadavek ze společnosti ArcelorMittal Ostrava a.s., na vypsání tohoto tématu.

Ve areálu firmě ArcelorMittal je spousta dopravníků různých rozměrů, rychlostí pásů a hlavně na různých dopravnících se přepravují druhy materiálů, rozdílné hmotnosti i konzistence. Proto jsem se měl, pokusil vymyslet a navrhnout zařízení, které by se s drobnými úpravami mohlo umístit na dopravníky přepravující různé materiály, a efektivita čištění by byla stále vysoká.

Od začátku jsem přemýšlel o variantách vícenásobného čištění, dvě možná i tři zařízení, která by čistila pás. Pomocí metodiky konstruování jsem vybíral vhodné varianty řešení a nakonec navrhl zařízení.

2. Způsoby čištění dopravníkových pásů

2.1 Stěrače dopravníkových pásů

Stěrače z oceli:

Mají většinou dlouhou životnost, avšak pro chybějící flexibilitu mohou jen nedokonale čistit gumové dopravníkové pásy. Problematické je též zčásti silně zvýšené opotřebení drahých dopravníkových pásů.

Stěrače z gumy:

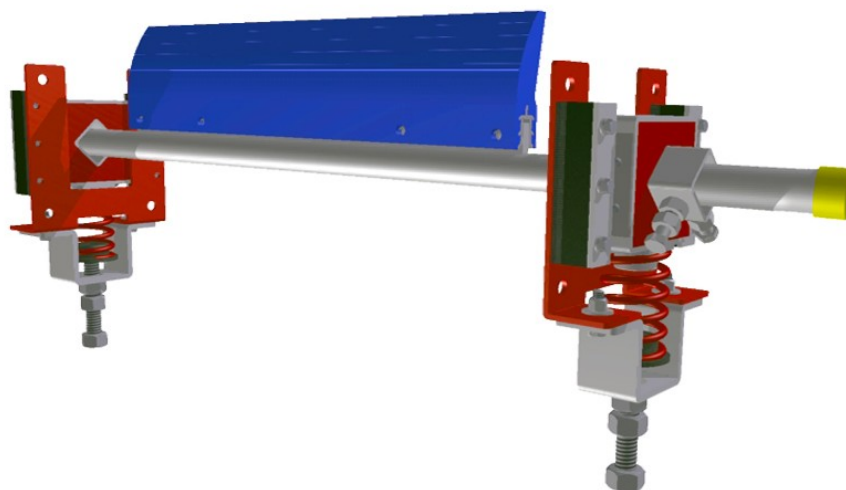
Jsou cenné a mají také pro svou dobrou flexibilitu i dobrý čistící účinek. Pro jejich vysoké opotřebení a s tím spojené vysoké náklady na nové pořízení a na výměnu jsou gumové stěrače stále řidčeji používány.

Stěrače z polyuretanu:

Velmi často se používají k čištění dopravníkových pásů. Hlavní předností stěračů z PU je dobrá trvanlivost. Tyto stěrače jsou ale většinou relativně tvrdé a nečistí vždy dopravníkové pásy dostatečně dobře. Tyto stěrače musejí být stále znovu seřizovány, aby dobře přiléhaly na dopravníkový pás. [1]



Obr. 1 Různé tvary stěračů společnosti Martin Engineering[6]



Obr. 2 Stěrač přitlačovaný tlačnou pružinou[7]

2.2 Kartáče

Čistící kartáč dopravníku by měl být nainstalován na výstupním konci dopravníku za a pod hlavou válce. Kartáč má být namontován v blízkosti nosné kladky pro konzistentní povrchový tlak.

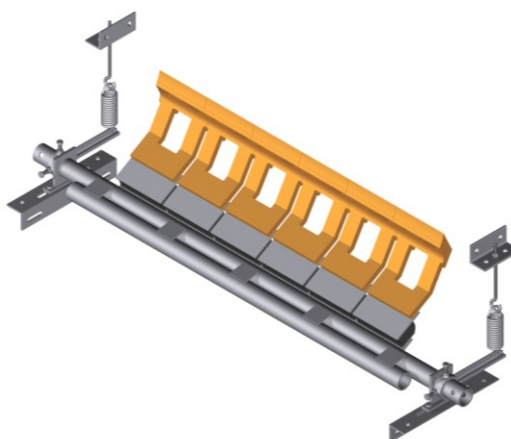
Čistící kartáč dopravníku by měla být dostatečně široký, aby překrýval každou stranu povrchu pásu o půl palce, aby se zajistilo úplné pokrytí pásu. Průměr kartáčů se obvykle pohybuje 4-12 palců. Pro maximalizaci životnosti kartáče, stejně jako dopravníkového pásu, je nejlepší použít drát nebo syntetické vlákno, které bude účinně čistit povrch s minimálním množstvím aplikovaného tlaku. Syntetické a drátěné materiály mohou být smíchány kombinovat zametání a kartáčování. [2]



Obr. 3 Kartáč firmy Flexco[8]

2.3 Segmentové stěrače

Stírací břit není vyrobený z jednoho kusu, ale je dělený.



Obr. 4 Segmentový čistič firmy CQMS Razer [9]

2.4 Vibrační čistič

Vibrační čistič značky ASGCO® Vibra-Clean je určen pro práci na vratné straně nebo na "čisté" straně dopravníkového pásu. Používá se především na flexibilní bočnice nebo V-tvar dopravníkového pásu. Skládá se ze sady válců s ložisky, otáčení na hlavní hřídeli při přibližně 600 otáčkách za minutu. Umísťuje se za hlavní kladku dopravníku, tyto válce jsou v lehkém kontaktu s pásem a způsobí, že materiál se uvolní a odpadne od pásu.

Vlastnosti a výhody

“Dual Rollers“ - sada s ložisky způsobí otáčením vibrační efekt a "čistící" účinek.

“Four Roller“ - čistič je určen pro dopravníkové pásy 42" a více, poskytují účinnou podporu zatížení a vynikající čištění.

Univerzální montáž. Pohonný balíček, včetně motoru a pohonu s klínovým řemenem je k dispozici. [3]



Obr. 5 Vibrační stěrač pásu firmy ASGCO® [3]

2.5 Pásky

Dopravníkový pás obepíná na vratném bubnu pás se škrabkami, které čistí pás.



Obr. 6 Čistění pásů škrabkami upevněnými na pásech[10]

2.6 Vzduchový stěrač

Vzduchový stěrač Air Knife je určený k odfouknutí zrnitých materiálů z nekonečného pásu. Bez ohledu na materiál, který je dopravován, malé množství jemných částic, lpí na dopravníkovém pásu. Vysoká rychlost vzduchu je efektivní při odstraňování granulí materiálu, jako agregát, cukr, obilí, uhlí, kovové třísky, písek, atd. Stěrač pásu Air Knife, nemá žádné kontaktní části s pásovým dopravníkem, a proto žádné opotřebitelné díly. Po instalaci stěrače, už nevyžaduje žádné seřizování. Jsou k dispozici pro různé tlaky, pro různé podmínky.

Některé z hlavních výhod vzduchového nože:

Nejsou k dispozici žádné součásti podléhající opotřebení.

Výrazně zvyšuje životnost pásu.

Žádné úpravy nejsou nutné, jakmile bude instalován.

Nemá vliv na mechanické spoje pásů, protože se nedotýká pásu.[4]



Obr. 7 Vzduchový stěrač pásu od firmy Air Blast Inc.[4]

2.7 Čištění dopravních pásů pomocí ultrazvuku v tenké vrstvě vody

Při čištění dopravních pásů v potravinářském průmyslu je nutné zabránit hromadění mikroorganismů, které mohou kontaminovat potraviny. Nové technologie pro snížení spotřeby vody a energie jsou u čisticích systémů žádoucí. Ultrazvuk může být použit pro čištění široké škály materiálů. Nejčastěji se používají lázně, které obsahují poměrně velké množství vody. Jednou z možností snížení spotřeby vody je použití ultrazvukové kavitace v tenkém filmu vody na plochém povrchu, jako dopravní pás. [5]

3. Návrh čistícího zařízení

3.1 Parametry dopravníkového pásu

- Dopravovaný materiál: kal z mokrého vyhrabovače, vzniklý smáčením aglomeračních údrob a prachu.
- Šířka pásu: 1000 mm
- Průměr bubny: 500 mm
- Rychlost pásu: 0,6 m/s
- Sklon pásu: 4°35'

3.2 Specifikace požadavků na zařízení

Pro správné navržení zařízení je vhodné specifikovat zadání úkolu. Uspořádat požadavky a také určit jejich významnost. Proto se vytváří požadavkový list uspořádaný do tabulky, ze kterého budu při návrhu rovněž vycházet.

Tab. 1 Specifikace požadavků

SPECIFIKACE POŽADAVKŮ
<u>Provoz</u> <ul style="list-style-type: none">• <u>Prostředí</u>: velmi nečisté• <u>Četnost použití</u>: velmi vysoká (nepřetržitá)• <u>Údržba</u>: minimální• Vyměnitelnost opotřebovaných částí
<u>Ergonomie</u> <ul style="list-style-type: none">• Jednoduché, bezpečné nastavení přítlačné síly• Dobrá manipulace• Bezpečnost proti poranění
<u>Distribuce a manipulace</u> <ul style="list-style-type: none">• Přemístění: ručně nebo pomocí vozíku
<u>Předpisy a normy</u> <ul style="list-style-type: none">• Bez porušení patentových práv
<u>Ekonomie</u> <ul style="list-style-type: none">• Vysoká efektivita čištění• Minimální náklady na provoz

3.3 Stanovení funkční struktury

Funkční struktura obsahuje dílčí úkoly, které musí čisticí zařízení splnit. Úkoly vyplývají z technického procesu, který je znázorněn jako černá skříňka na obrázku 8.

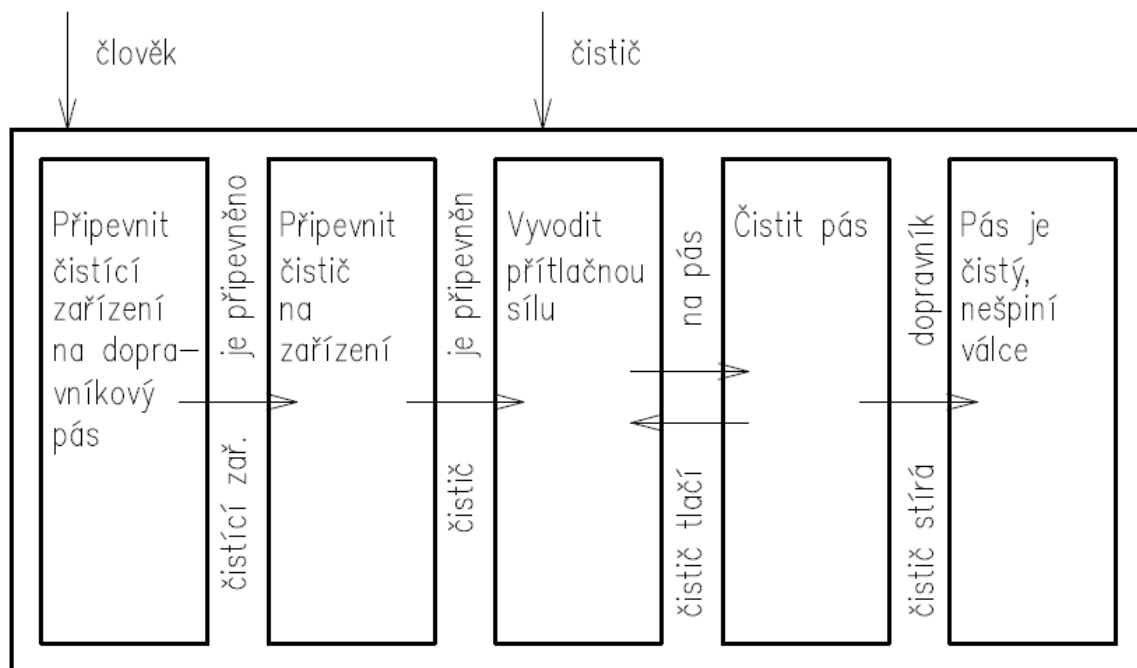


Obr. 8 Černá skříňka čisticího zařízení

3.4 Funkce technického procesu

- připevnit čisticí zařízení k dopravníkovému pásu
- zajistit čistič na zařízení
- vyvinout přítlak
- pohánět čistič
- čistit pás
- zkontrolovat kvalitu čištění

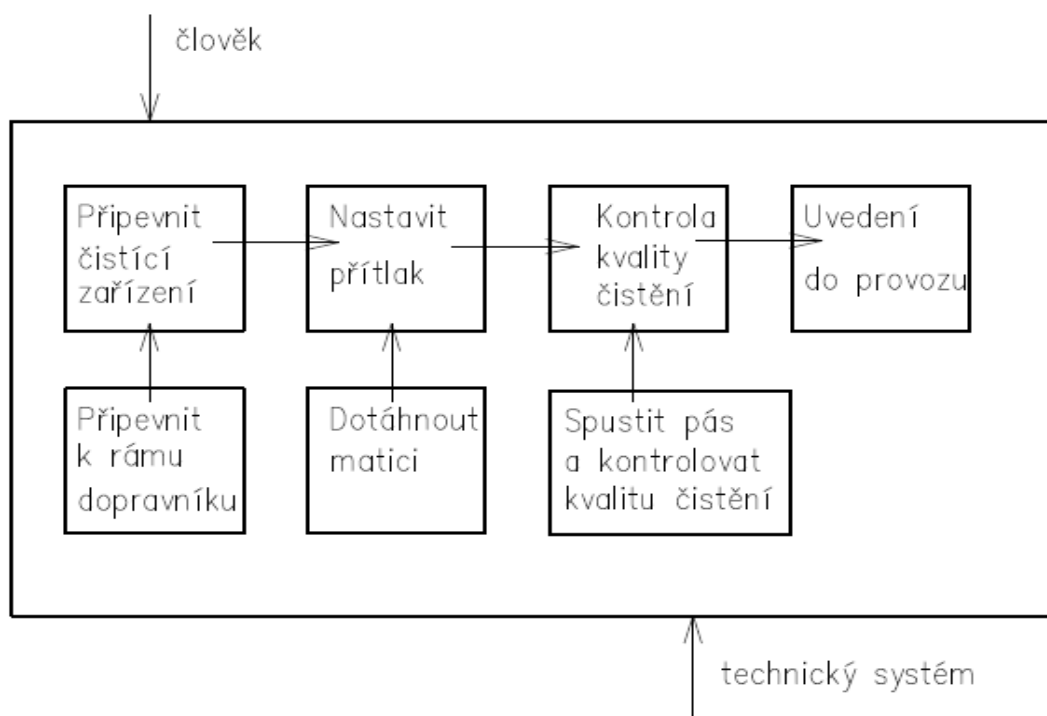
3.5 Schéma technického procesu



Obr. 9 Schéma technického procesu

3.6 Funkční struktura

Funkční struktura obsahuje dílčí funkce, které musí daný technický systém splnit. Tyto funkce vyplývají z technického procesu.



Obr. 10 Funkční struktura čisticího zařízení

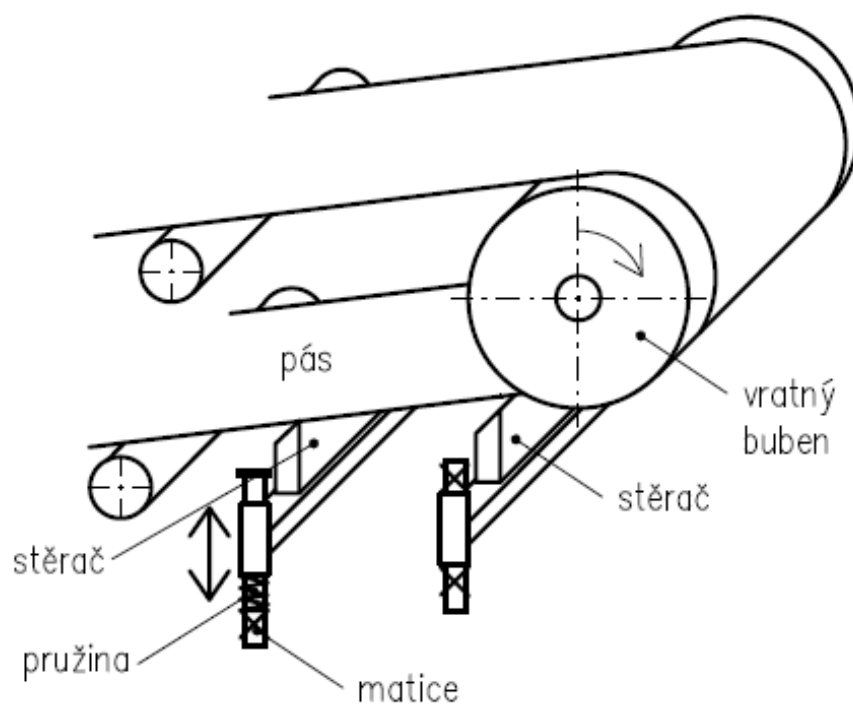
3.7 Morfologická matice

Morfologická matice je systematická tvorba co nejúplnějšího souboru variant řešení. Velká část problémů v projektování výrobních procesů a systémů vyžaduje systematické hledání všech možných variant a jejich vzájemných kombinací, a to i v oblastech, v nichž se dosud řešení nehledali. Jde o strukturované problémy, které je možné rozdělit na několik podproblémů. Četnost úkolů tohoto typu souvisí mimo jiné i se značně rozšířenou aplikací modulového principu, hlavně ve stavbě technických prvků a zařízení. Jednou z možností je aplikace vybraných druhů morfologických modelů, které umožňují tento proces částečně uspořádat a poměrně přehledně zobrazit. Morfologické modely umožňují identifikovat i nekompatibilní řešení a nevynechat žádné kombinace.

Tab. 2 Morfologická matice

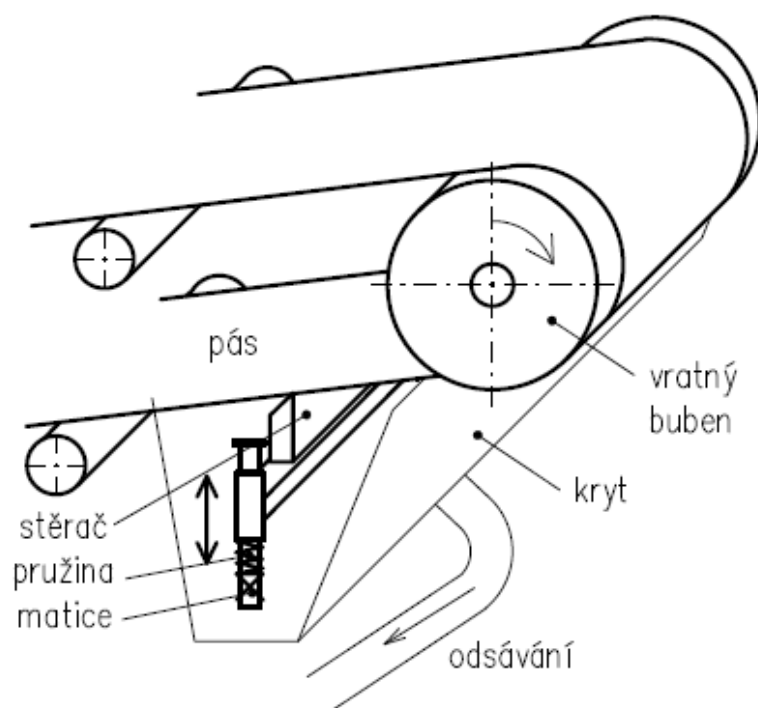
Funkce	Funkční principy/ orgány-nositelé funkcí			
Přípevnit čistící zařízení k dopravníku	Šrouby	Svar	Samostatná konstrukce	
Čistič	Stírač	Kartáč	Škrabky	
Materiál čističe	Polyuretan	Guma	Ocel	
Zajistit čistič na zařízení	Šrouby	Tvarové spojení	Svěrné spojení	Svar
Vyvolat přítlak	Pružina	tažná	Páka	Protizávaží
		tlačná		
Pohon čističe	elektromotor	Bez pohonu		

3.8 Návrhy na čištění dopravníkových pásů



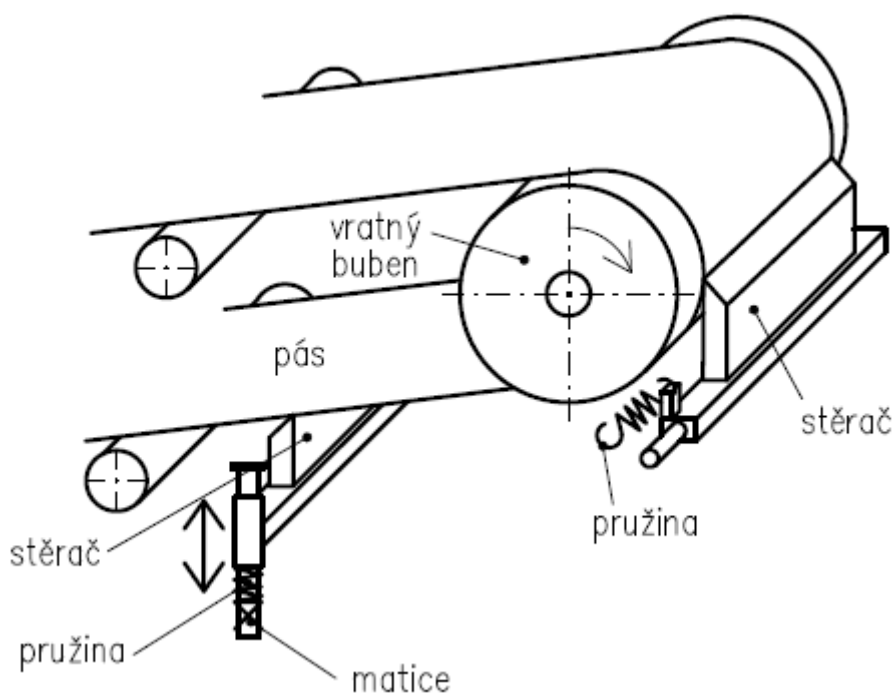
Obr. 11 Návrh čištění 1

Popis obr. 11: primární stěrač je v pevně dané vzdálenosti od pásu. V této poloze je ustaven maticí a stírá tedy jen větší nečistoty z pásu. Druhý (sekundární) stěrač je přitlačován k pásu a stírá zbývající nečistoty z pásu. Přítlačnou sílu vyvolá pružina stlačená dotažením matice.



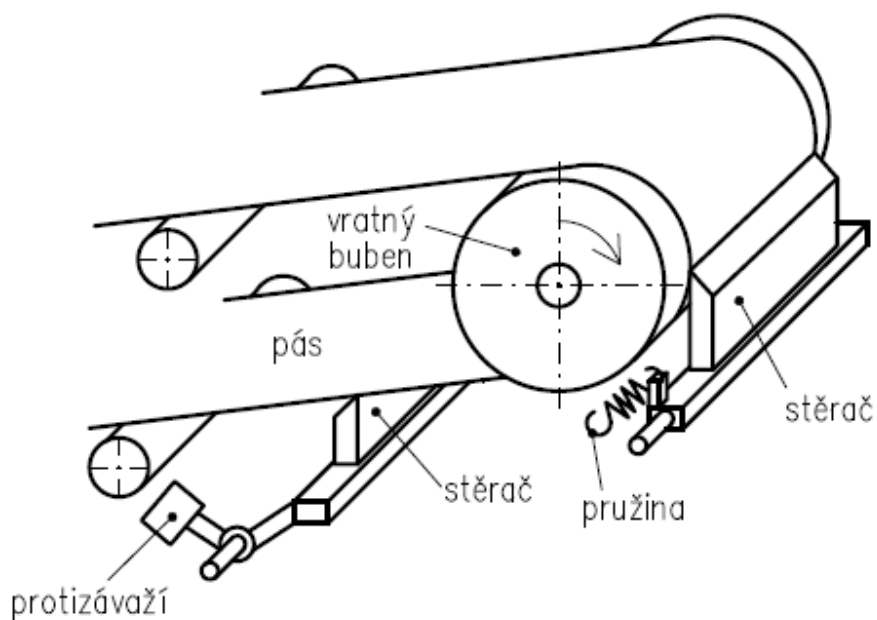
Obr. 12 Návrh čistění 2

Popis obr. 12: stěrač, který je přitlačován k pásu pružinou je zakrytovaný a stírané nečistoty jsou odsávány



Obr. 13 Návrh čistění 3

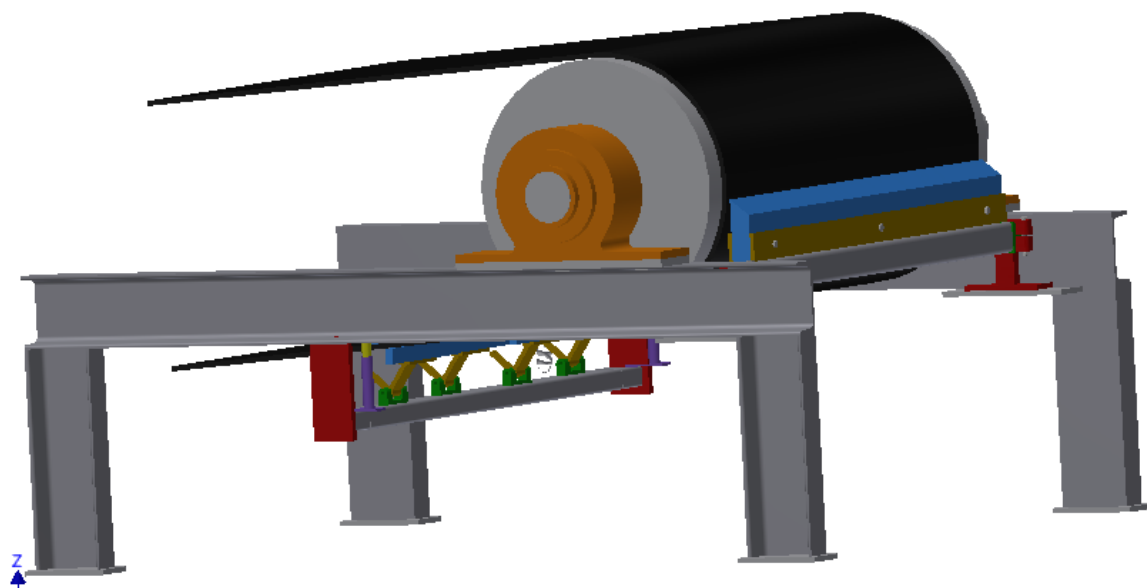
Popis obr. 13: Primární stěrač stírá pás na vratném bubnu. Pás je stírán ještě sekundárním stěračem pro větší kvalitu čištění.



Obr. 14 Návrh čištění 4

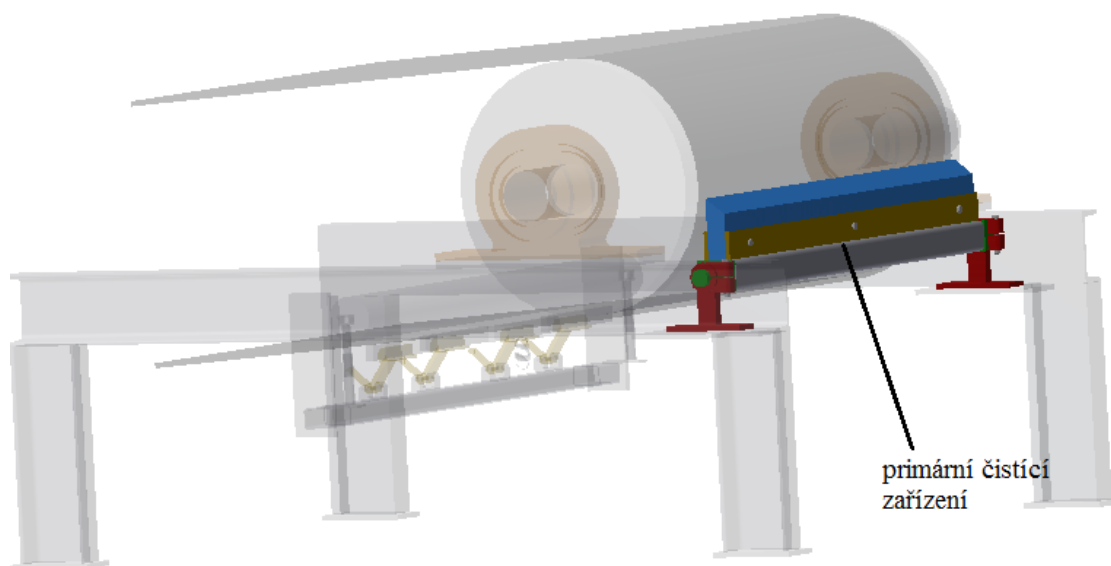
Popis obr. 14: Podobně jako v předchozím návrhu stírá pás primární a sekundární stěrač, tady je však pro přitlak stěrače k pásu použito protizávaží místo pružiny

3.8 Výsledný návrh zařízení, popis

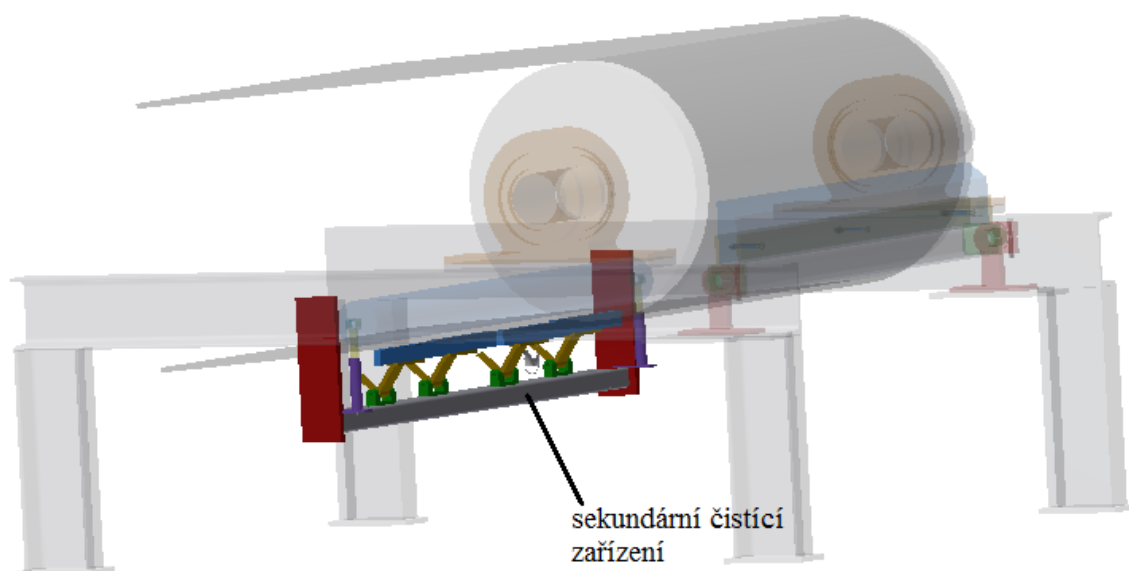


Obr. 15 výsledný návrh

Výsledný návrh se skládá ze dvou zařízení: primární a sekundární čistící zařízení.



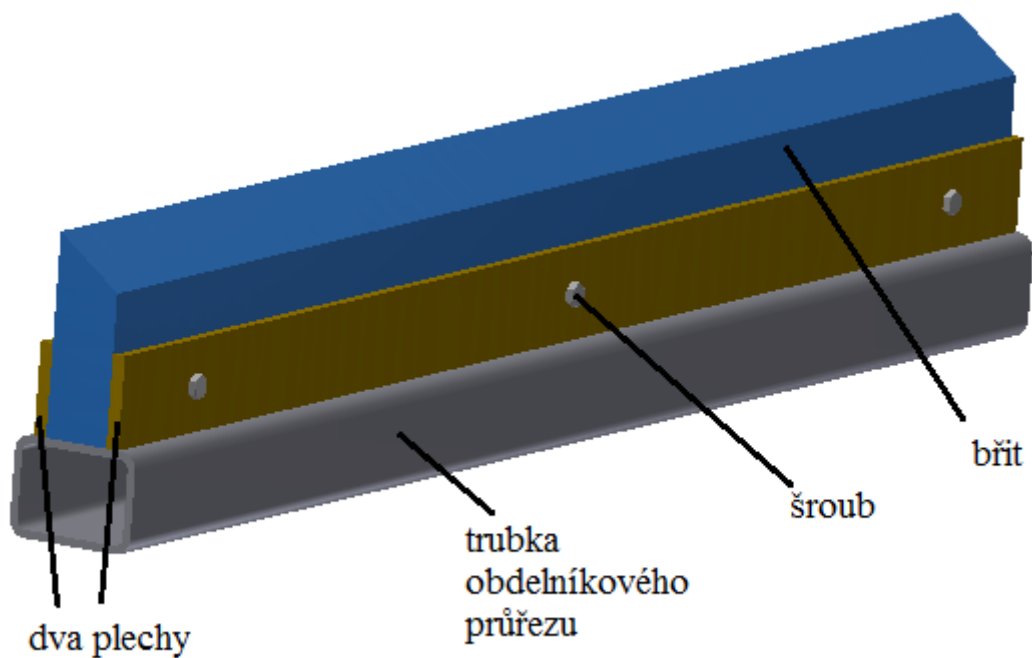
Obr. 16 primární čistící zařízení



Obr. 17 sekundární čistící zařízení

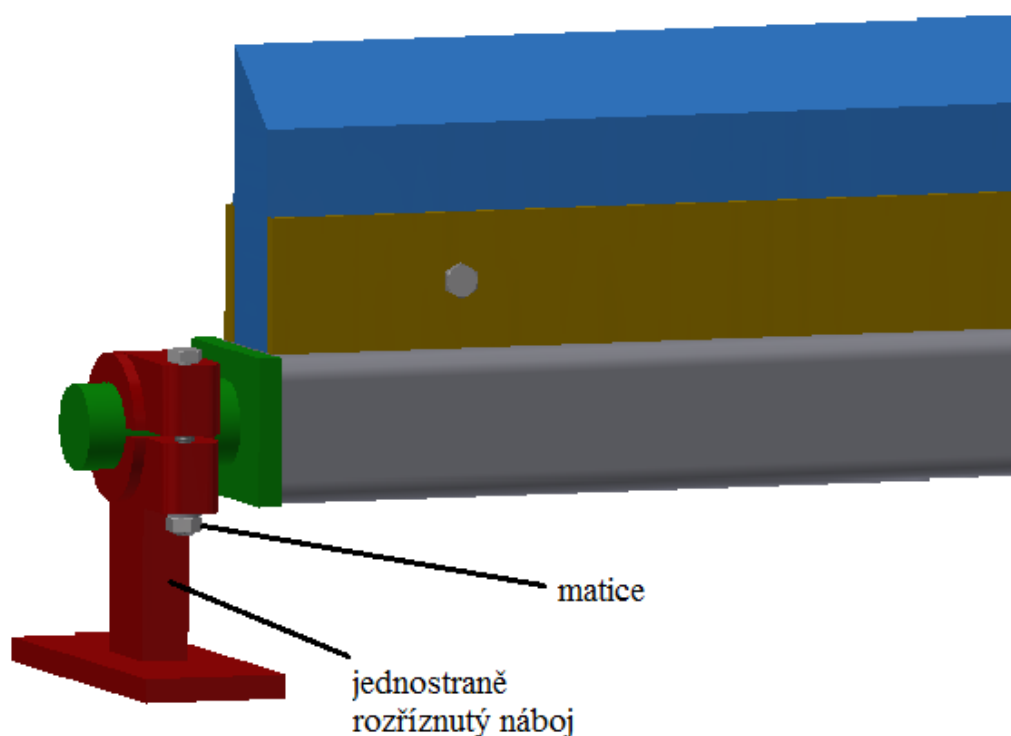
Primární čistící zařízení

Na trubku obdélníkového průřezu 80x60x5-1000 jsou přivařeny dva ocelové plechy. Mezi tyto plechy se vloží břit z polyuretanu a zajistí třemi šrouby M8, pružnou podložkou a maticí.



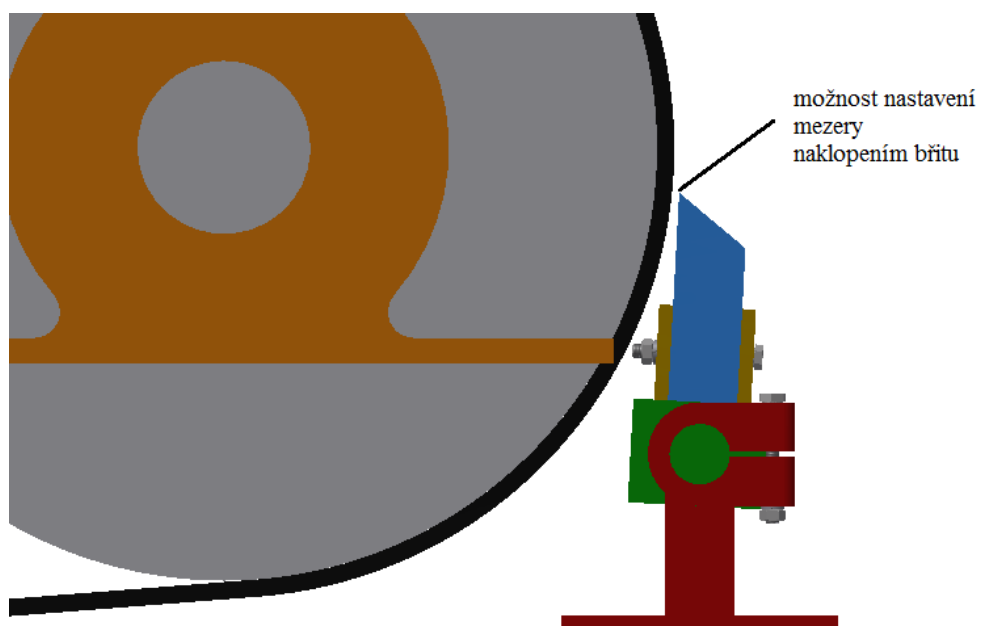
Obr. 18 upevnění břitu

Na obdélníkový profil se přivaří součást s kusem hřídele, která se vloží do jednostranně rozříznutého náboje. Dotažením matice a šroubu vzniká svěrné spojení.



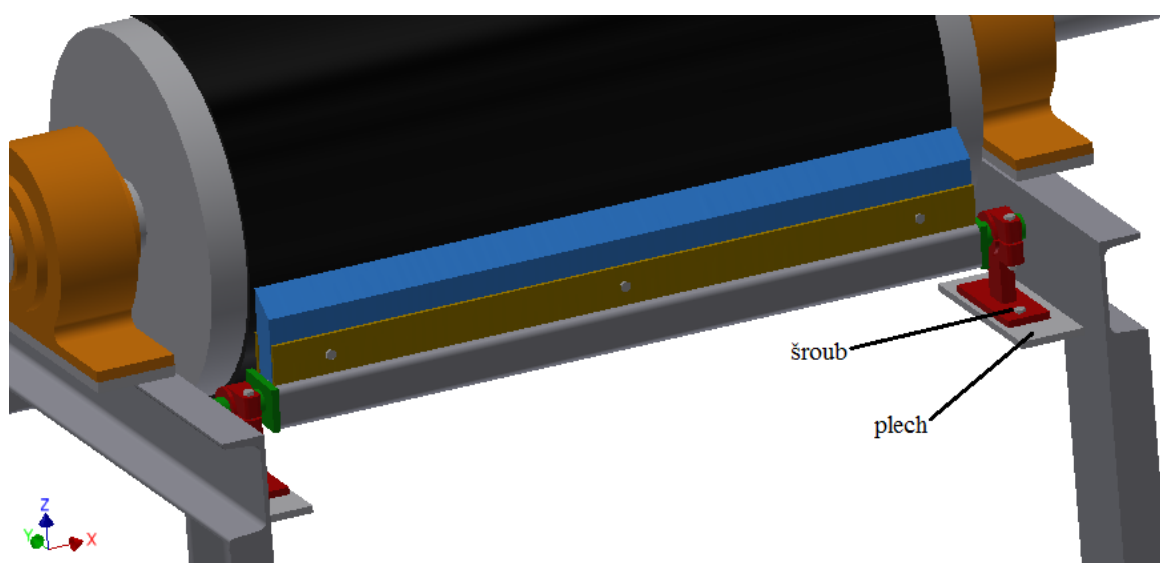
Obr. 19 svěrný spoj

Primární stěrač se nedotýká dopravníkového pásu. Mezi polyuretanovým břitem pásem dopravníku je vždy minimální mezera, která se dá měnit naklápěním břitu při povolení sevření nábojem. Výhodu vidím v tom, že břit se neotírá o pohybující se pás a nedochází k jeho opotřebení, a tudíž by měl mít delší životnost. Na druhou stranu, mezera je velká jen pár milimetrů, takže i tak setře velké množství nečistot.



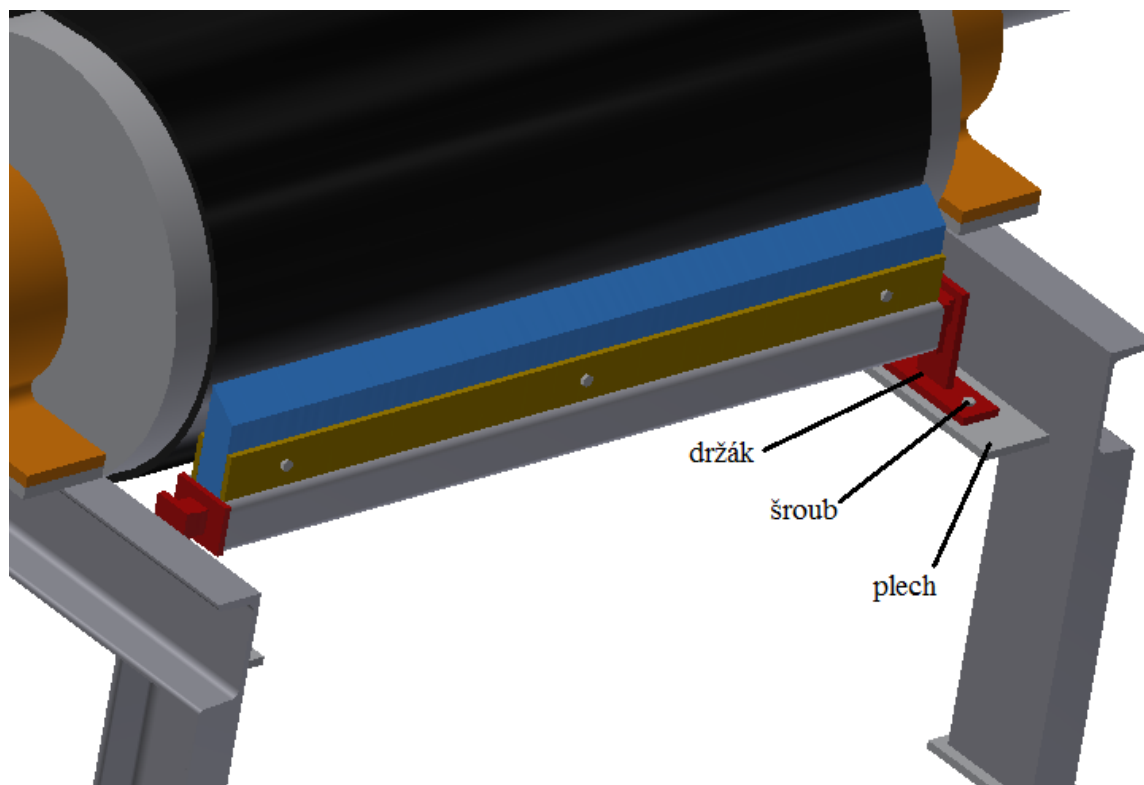
Obr. 20 nastavení mezery

K rámu dopravníku je přivařený plech, ke kterému je šrouby a maticemi připevněný primární stěrač.



Obr. 21 připevnění k dopravníku

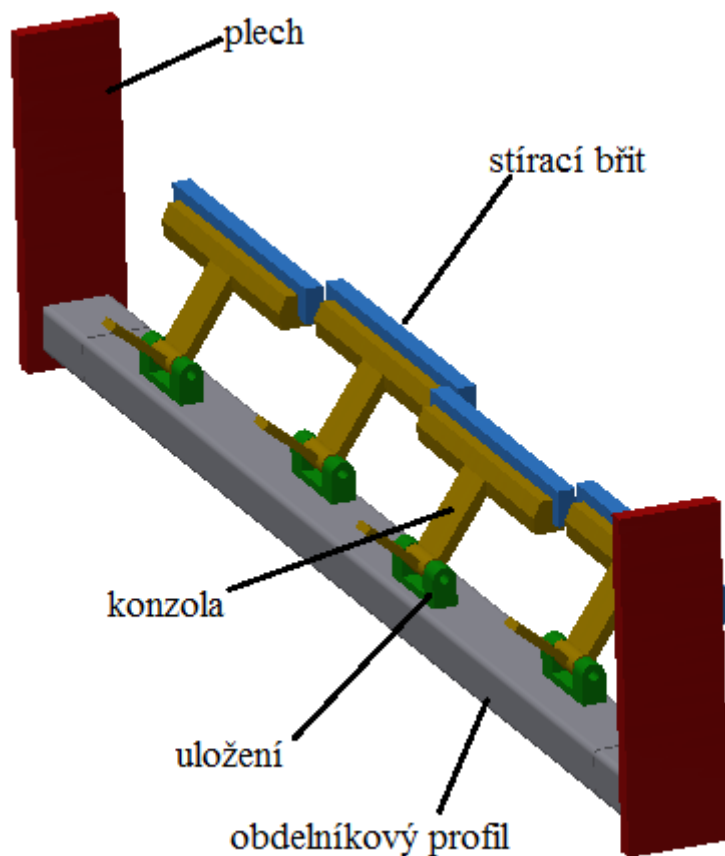
Druhou možností nastavení mezery mezi břitem a pásem je připevnit obdélníkový profil napevno k držáku-svarem. Držák je přišroubovaný k plechu přivařenému na rám dopravníku. V plechu je místo díry pro šroub drážka a mezera se nastavuje posunováním držáku po plechu.



Obr. 21 varianta posunování břitu

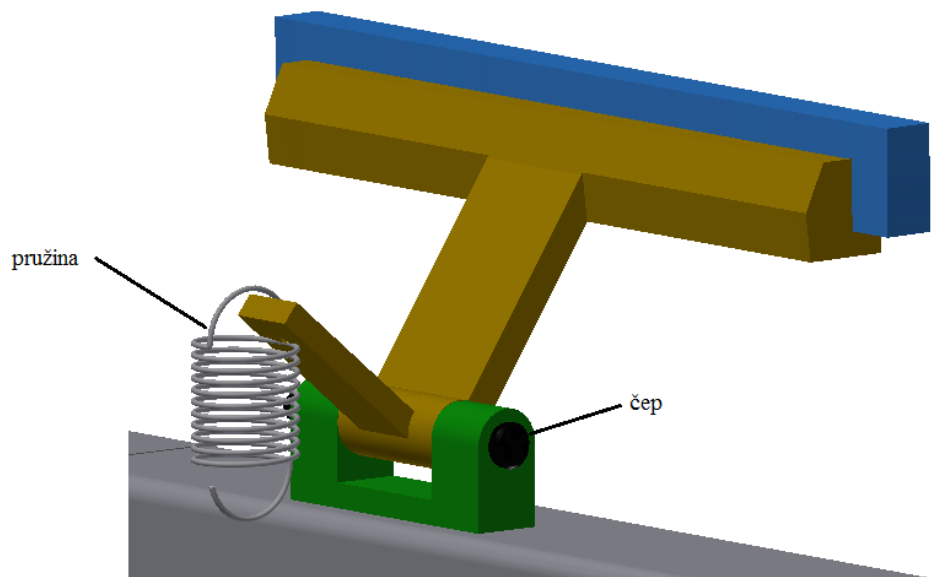
Sekundární čistící zařízení

Sekundární zařízení tvoří čtyři konzole, na kterých jsou pomocí šroubů připevněné stírací břit. Konzoly jsou čepy uchyceny k uložení, které je svarem spojeno s obdélníkovým profilem. Profil je přivařený k plechu, který je připevněn svarem ke konstrukci dopravníku.



Obr. 22 sekundární zařízení

Přítlačování břitu je zajištěno pomocí pružiny a napínáku. Díky tomu, že jsou čtyři břity na šířce pásu, může být každý přítlačován k pásu jinou silou. V prostřed, kde očekávám nejvíc nalepeného materiálu, může být přítlačná síla větší než na krajích, kde nečistot nemusí být tolik nebo jdou snadněji stírat.

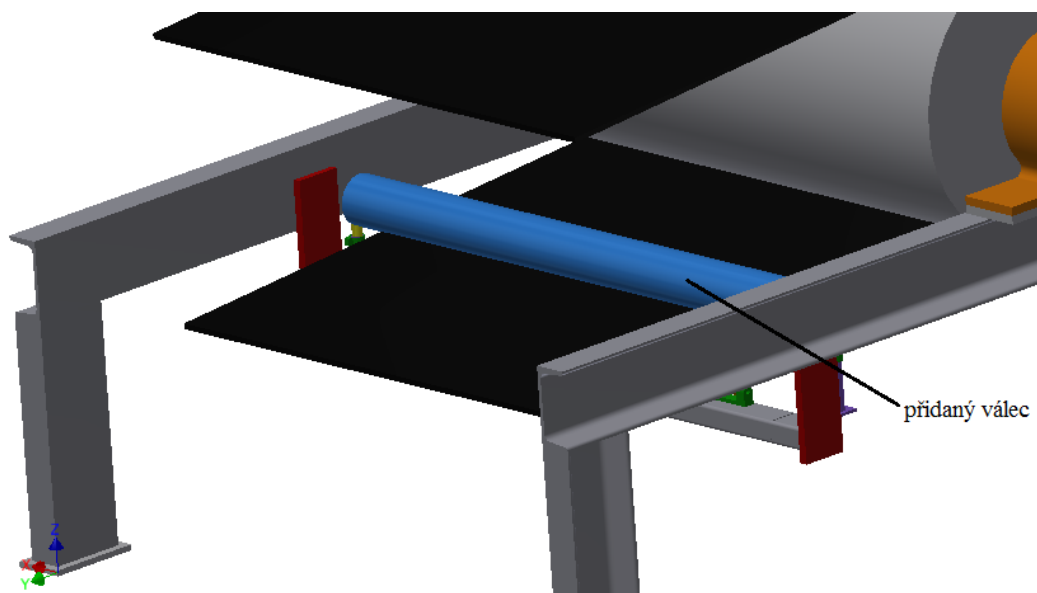


Obr. 23 detail konzoly

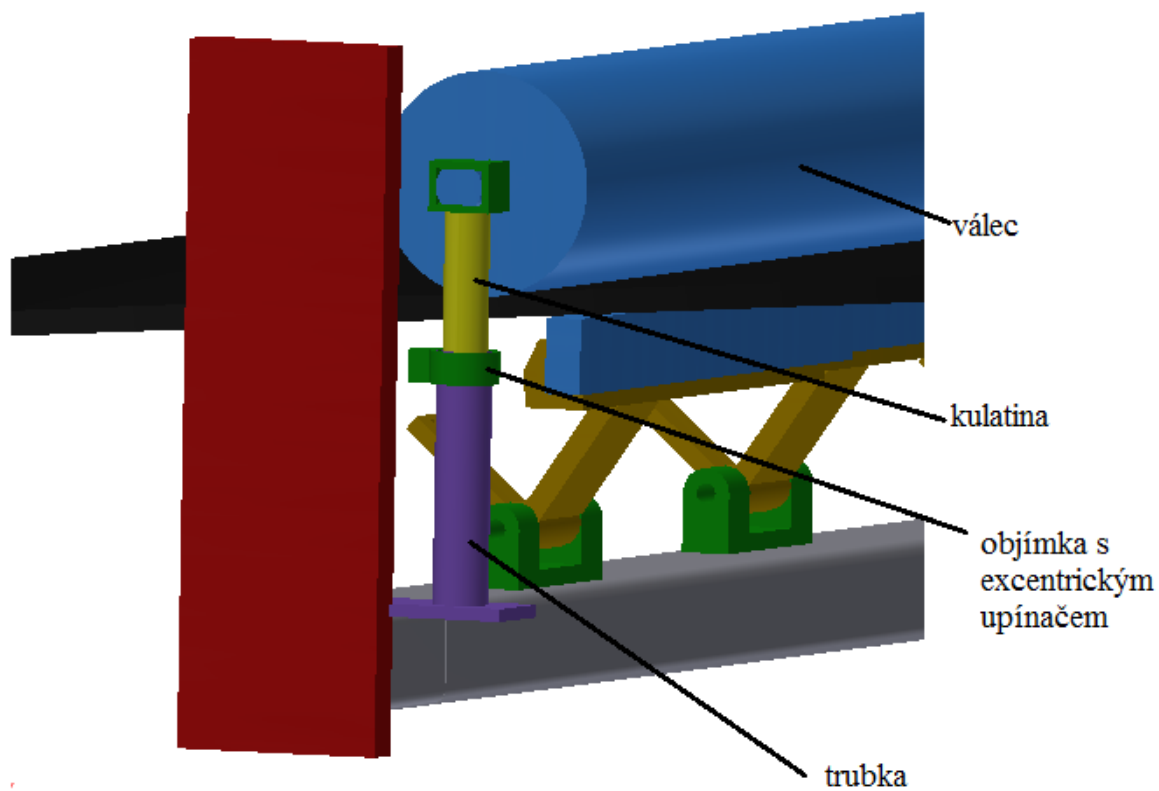


Obr. 24 napínák DIN 1480 oko-hák – nerez [11]

Abych zamezil tomu, že by se pás mohl přizvednout v oblasti břitů a tudíž by čištění nebylo dokonalé, rozhodl jsem se přidat z vnitřní strany pásu válec. Válec je upevněn na kulatině, která se zasouvá do trubky a jeho poloha se nastavuje pomocí objímky, která se svírá excentrickým upínačem.



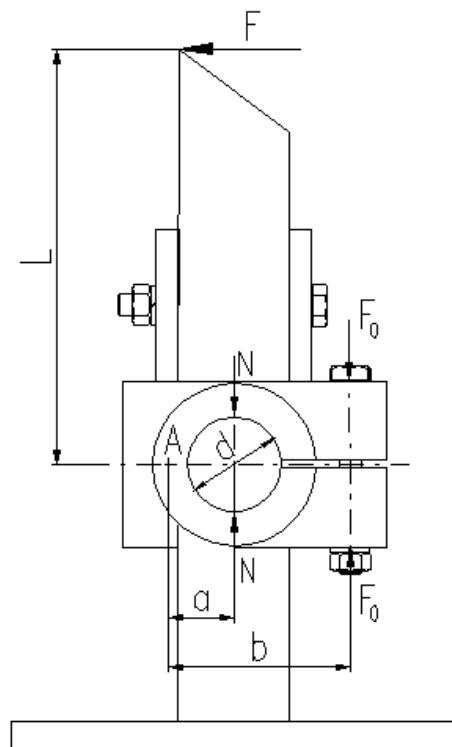
Obr. 25 přidaný válec



Obr. 26 uchycení válce

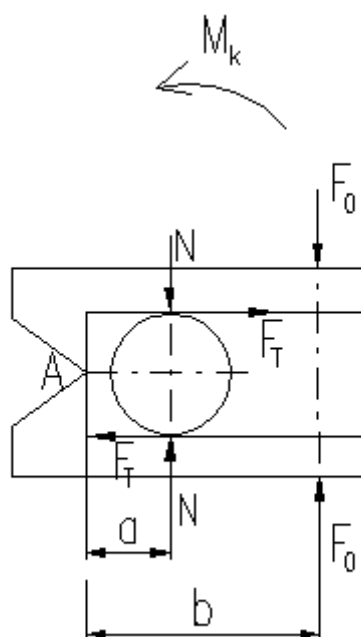
4. Výpočtová část

4.1 Výpočet svěrného spoje



Obr. 27 Svěrný spoj

U jednostranně rozříznutého náboje postačuje výsledek přibližného výpočtu, který vychází ze zjednodušeného schématu.



Obr. 28 Zjednodušené schéma svěrného spoje

Dáno, voleno:

$$k = 1,5$$

$$F = 100\text{N}$$

$$L = 150\text{mm}$$

$$f = 0,15$$

$$d = 35\text{mm}$$

$$p_D = 85\text{MPa}$$

$$a = 23,65\text{mm}$$

$$b = 65,75\text{mm}$$

$$M_T > M_K$$

$$M_T = k \cdot M_K$$

$$F_T \cdot d = k \cdot M_K$$

$$N \cdot f' \cdot d = k \cdot M_K$$

Výpočet svěrné síly N :

$$N = \frac{2 \cdot k \cdot M_K}{\pi \cdot f \cdot d} = \frac{2 \cdot k \cdot F \cdot L}{\pi \cdot f \cdot d} = \frac{2 \cdot 1,5 \cdot 100 \cdot 150}{\pi \cdot 0,15 \cdot 35} = \mathbf{2728,4\text{N}}$$

Poněvadž šroub je umístěn výstředně, musí vyvinout osovou sílu:

$$F'_o \cdot b = N \cdot a$$

$$F'_o = \frac{N \cdot a}{b} = \frac{2728,4 \cdot 23,75}{65,75} = \mathbf{985,5\text{N}}$$

Při návrhu se snažíme, ať je co nejmenší deformace objímky \rightarrow volím **přechodné uložení**

H8/j7 a mohu pak uvažovat:

$$F_o \cong F'_o$$

Šroub, který stahuje objímku, musí vyvinout minimální osovou sílu $F_0 = \mathbf{985,5\text{N}}$

Velký průměr objímky D volím na základě vztahu:

$$D = (1,6 \div 1,8) \cdot d = (1,6 \div 1,8) \cdot 35 \rightarrow \mathbf{volím D = 60\text{mm}}$$

Délka náboje l musí vyhovovat podmínce měrného tlaku:

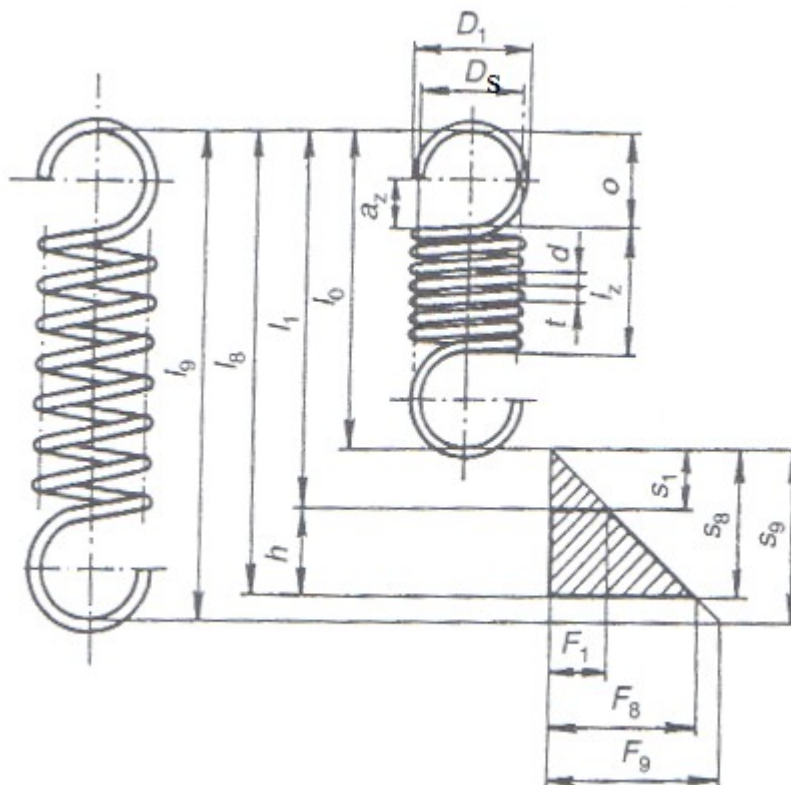
$$p \leq p_D$$

$$\frac{N}{d \cdot l} \leq p_D$$

$$l \geq \frac{N}{d \cdot p_D} = \frac{2728,4}{35 \cdot 85} = 0,92\text{ mm}$$

S ohledem na pracovní prostředí volím délku náboje $l = \mathbf{30\text{mm}}$.

4.2 Výpočet pružiny



Obr. 29 Charakteristika tlačné pružiny

Dáno, voleno:

$$d_d = 1,6 \text{ mm}$$

$$D_1 = 14,1 \text{ mm}$$

$$F_8 = 80 \text{ N}$$

$$n = 25$$

$$G = 78500 \text{ MPa}$$

$$l_0 = 63 \text{ mm}$$

Výpočet středního průměru drátu:

$$D_s = D_1 - d_d = 14,1 - 1,6 = 12,5 \text{ mm}$$

Korekční součinitel napětí v krutu:

$$K = \frac{i + 0,2}{i - 1} = \frac{7,81 + 0,2}{7,81 - 1} = 1,18$$

Poměr vinutí:

$$i = \frac{D_1}{d_d} = \frac{14,1}{1,6} = 7,81$$

Předpětí tažné pružiny:

$$\frac{300}{i} \leq \tau_0 \leq \frac{300}{i} + 60$$

$$\frac{300}{7,81} \leq \tau_0 \leq \frac{300}{7,81} + 60$$

$$38,4 \leq \tau_0 \leq 98,4$$

→ volím $\tau_0 = 75 \text{ MPa}$

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d_d^3 \cdot \tau_0}{8 \cdot D_s \cdot K} = \frac{\pi \cdot 1,6^3 \cdot 75}{8 \cdot 12,5 \cdot 1,18} = 8,21 \text{ N}$$

Deformace (roztahení) pružiny při plném zatížení:

$$s_8 = \frac{8 \cdot (F_8 - F_0) \cdot D_s^3 \cdot n}{G \cdot d_d^4} = \frac{8 \cdot (80 - 8,21) \cdot 12,5^3 \cdot 25}{78500 \cdot 1,6^4} = 54,51 \text{ mm}$$

Napětí materiálu pružiny v krutu ve stavu plně zatíženém:

$$\tau_8 = \frac{G \cdot d_d \cdot s_8 \cdot K}{\pi \cdot D_s^2 \cdot n} + \tau_0 = \frac{78500 \cdot 1,6 \cdot 54,51 \cdot 1,18}{\pi \cdot 12,5^2 \cdot 25} = 731,2 \text{ MPa}$$

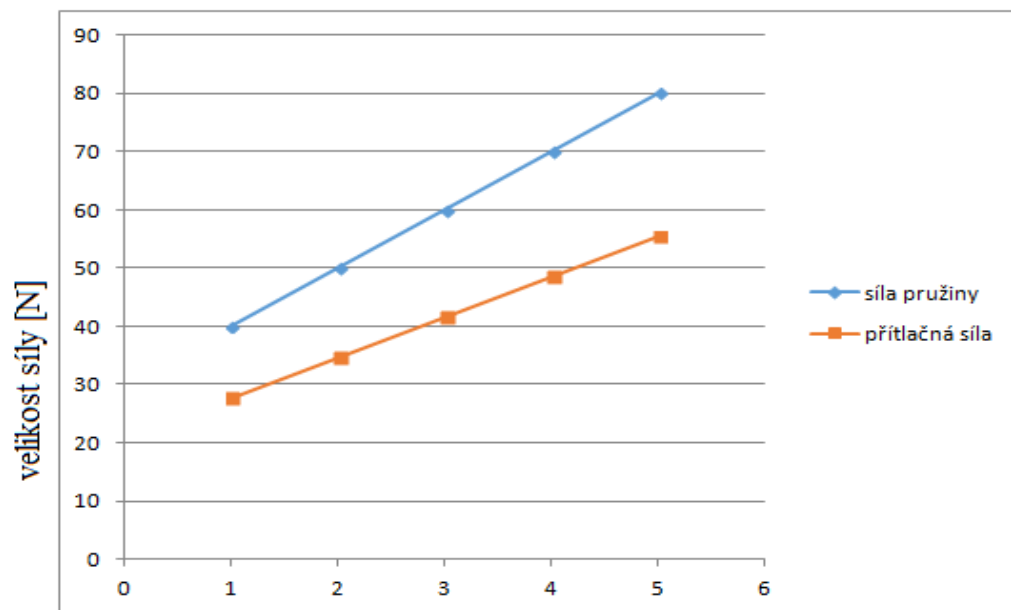
Délka pružiny ve stavu plně zatíženém:

$$l_8 = l_0 + s_8 = 63 + 54,51 = 117,51 \text{ mm}$$

Tuhost pružiny:

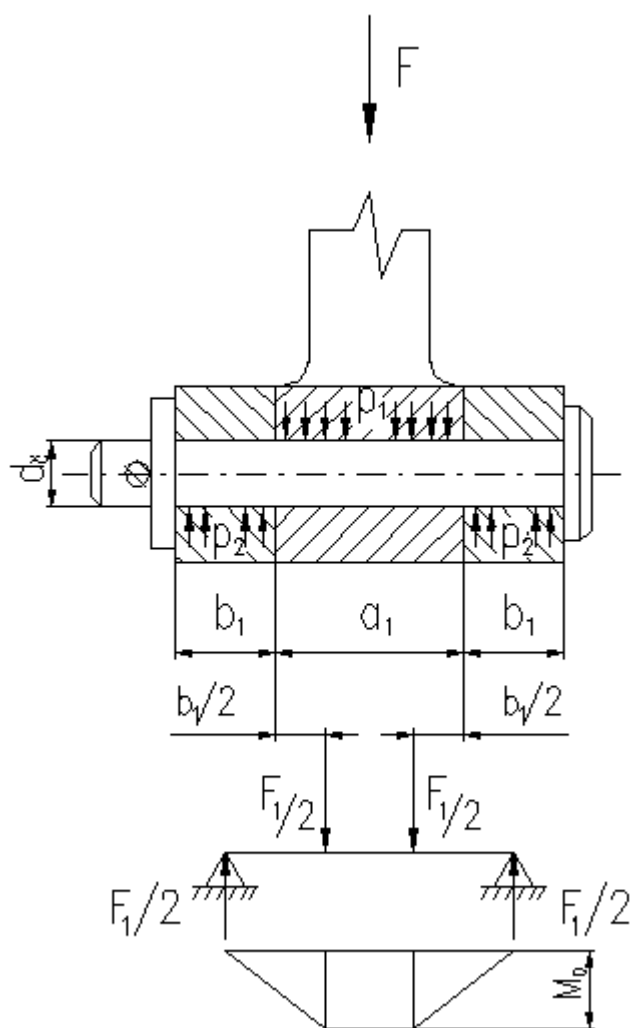
$$c = \frac{F_8 - F_0}{s_8} = \frac{80 - 8,21}{54,51} = 1,32 \text{ N/mm}$$

Na grafu 1. jsou znázorněná síla, kterou působí pružina a síla kterou pak je břit sekundárního stěrače přitlačován k pásu.



Graf 1. Velikosti sil

4.3 Výpočet čepu konzoly



Obr. 30 zatížení čepu konzoly

Dáno, voleno:

$$F_1=100\text{N}$$

$$b_1=20\text{mm}$$

$$a_1=40\text{mm}$$

$$\sigma_{DO}=100\text{MPa (mat. čepu 11 500)}$$

$$\tau_D=70\text{MPa}$$

$$p_D=100\text{MPa}$$

Čep uložen v otvoru s vůlí, takže je namáhán na ohyb a na smyk od posouvající síly.

Průměr čepu d počítáme z ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{\frac{F_1}{2} \cdot \left(\frac{b_1}{2} + \frac{b_1}{2}\right)}{\frac{\pi}{32} \cdot d_{\check{c}}^3} = \frac{16 \cdot F_1 \cdot b_1}{\pi \cdot d_{\check{c}}^3} \leq \sigma_{Do}$$

Výpočet průměru $d_{\check{c}}$:

$$d_{\check{c}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot F_1 \cdot b_1}{\pi \cdot \sigma_{Do}}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 100 \cdot 20}{\pi \cdot 100}} = \mathbf{4,7mm}$$

→ s ohledem na pracovní podmínky volím normalizovaný průměr čepu $d_{\check{c}} = 10mm$

Navržený normalizovaný průměr čepu $d_{\check{c}}$, kontrolujeme na smyk:

$$\tau_{MAX} = \frac{4}{3} \cdot \frac{F}{\pi \cdot \frac{d_{\check{c}}^2}{4}} = \frac{16 \cdot F_1}{3 \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2} \leq \tau_D$$

$$\frac{16 \cdot F_1}{3 \cdot \pi \cdot d_{\check{c}}^2} = \frac{16 \cdot 100}{3 \cdot \pi \cdot 10^2} = \mathbf{1,7 MPa} \leq \tau_D$$

→ **podmínka je splněna**

Potřebnou délku čepu volím na základě délky náboje konzoly a_l a uložení čepu b_l :

$$p_1 = \frac{F_1}{a_1 \cdot d_{\check{c}}} \leq p_D \rightarrow a_1 \geq \frac{F_1}{d_{\check{c}} \cdot p_D} = \frac{100}{10 \cdot 100} = \mathbf{0,1mm}$$

→ **podmínka je splněna**

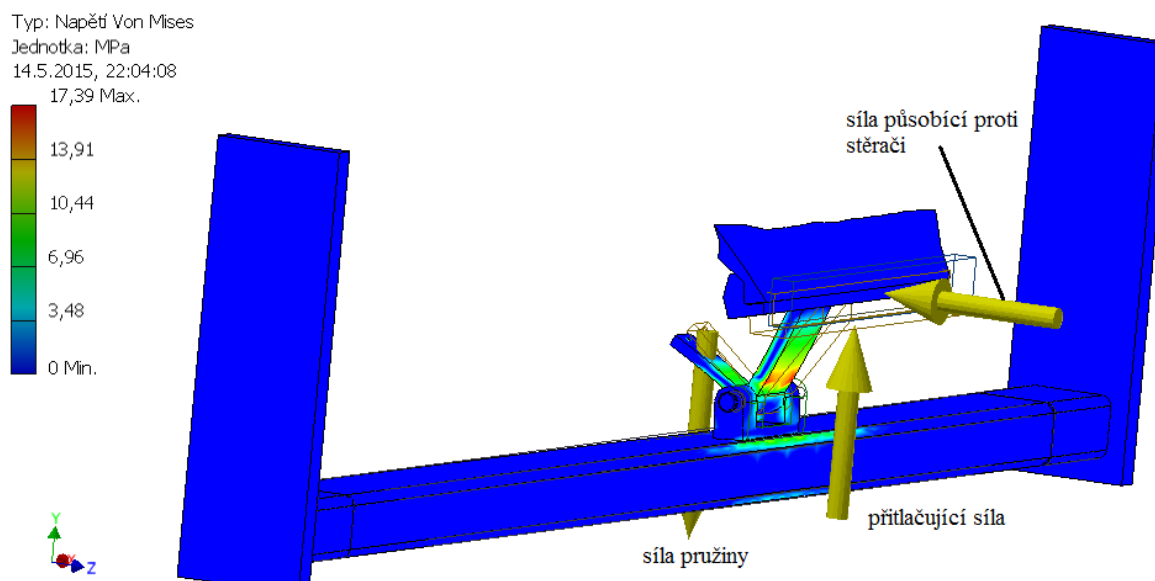
$$p_2 = \frac{\frac{F_1}{2}}{b_1 \cdot d_{\check{c}}} \leq p_D \rightarrow b_1 \geq \frac{F_1}{2 \cdot d_{\check{c}} \cdot p_D} = \frac{100}{2 \cdot 10 \cdot 100} = \mathbf{0,05mm}$$

→ **podmínka je splněna**

4.4 MKP analýza konzoly

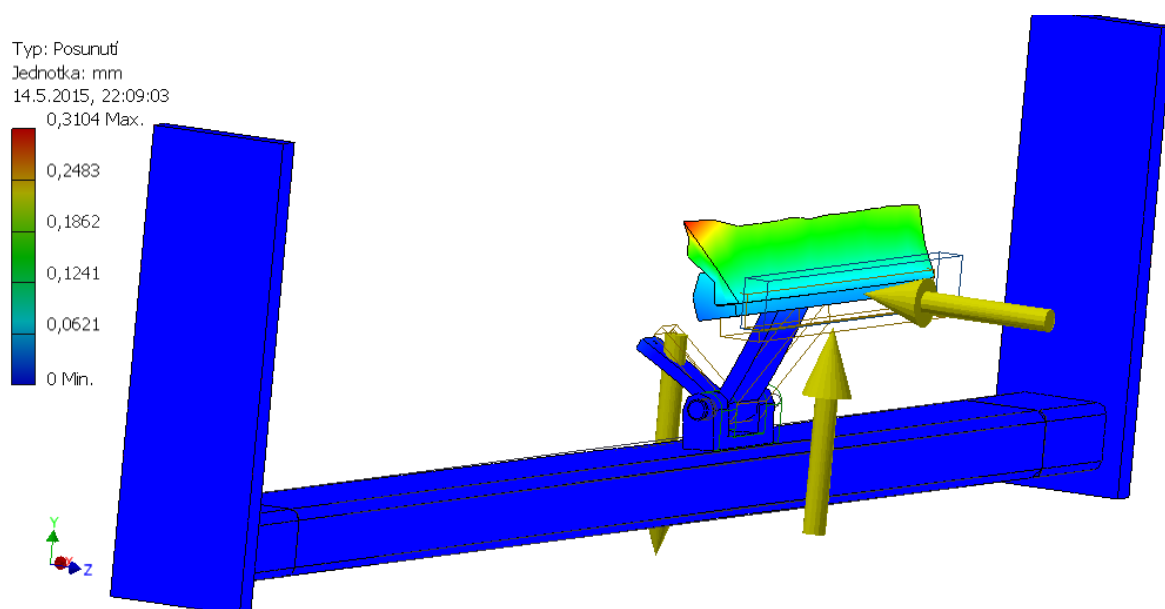
Pomocí MKP analýzy jsem kontroloval jednu konzolu sekundárního stěrače.

Pevná vazba je na obou plechách, které jsou přivařeny k rámu dopravníku. Dotyky jsou všechny vázané až jeden mezi čepem a konzolou. Tam jsem dal dotyk posouvání bez oddělení. Síla působící proti stěračí = 100N. Síla pružiny = 80N. Přitlačující síla = 55N.



Obr. 31 MKP analýza - napětí

Maximální napětí na konzole vyšlo asi 17 MPa.



Obr. 32 MKP analýza - posunutí

Maximální posunutí vyšlo podle očekávání na břítu stěrače asi 0,3 mm.

5. Závěr

Podle zadaných parametrů jsem navrhl zařízení na čištění dopravníkových pásů.

Navrhl jsem dvoustupňové čištění: primární a sekundární stěrač. Primární stěrač se nedotýká pásu dopravníku. Mezi břitem stěrače a je malá mezera a stěrač tudíž nestírá všechny ulpívající materiál na pásu. Proto je tam sekundární stěrač, který je setře zbývající nečistoty. Ve výpočtové části jsem počítal svěrné spojení, navrhnul pružinu a zkontroloval čap konzoly. Hodnoty napětí byly vždy pod dovoleným maximem. Na to mělo asi i velký vliv to, že jsem jak zatěžující síly, tak sílu, kterou tlačí pružina, pouze odhadoval. Snažil jsem se najít nějaké konkrétní informace v různých katalozích našich i zahraničních výrobců nebo distributorů, ale nebyl jsem úspěšný. A to ani formou e-mailů, přes které jsem se to pak snažil také zjistit. Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce jsem si tedy dovolil tyto hodnoty odhadnout. MKP analýze jsem pak podrobil konzolu sekundárního stěrače i ta vyšla bez problémů.

Poděkování

Závěrem této práce bych rád poděkoval panu doc. Dr. Ing. Ladislavu Kovářovi za cenné rady při konzultacích k bakalářské práci. Dále bych rád poděkoval konzultantům z firmy ArcelorMittal Ostrava a.s., za ochotu a poskytnutí informací.

6. Seznam příloh

Příloha A - výkres sestavení

Příloha B - výrobní výkres konzoly

Příloha C - CD

7. Použité zdroje a literatura

[1][online]. [cit. 2014-12-22]. Dostupné z:

<http://www.techlan.cz/index.php?nid=7728&lid=cs&oid=1410386>

[2] [online]. [cit. 2014-12-22]. Dostupné z: <http://www.spiralbrushes.com/conveyor-cleaning-brushes.html>

[3] [online]. [cit. 2014-12-22]. Dostupné z: <http://www.asgco.com/conveyor-products/secondary-conveyor-belt-cleaners/vibrating-conveyor-belt-cleaner/>

[4] [online]. [cit. 2014-12-22]. Dostupné z: <http://www.airblastinc.com/belt.htm>

[5] [online]. [cit. 2014-12-22]. Dostupné z: <http://www.pubfacts.com/detail/23905796/Cleaning-of-conveyor-belt-materials-using-ultrasound-in-a-thin-layer-of-water>.

[6] [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://bulkininside.com/conveyor-belt-cleaners-reduce-life-cycle-cost/>

[7] [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.asgco.com/conveyor-products/secondary-conveyor-belt-cleaners/dry-wipe-belt-cleaner/>

[8] [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.flexco.com/products/motorized-brush-cleaner.html>

[9] [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z: <http://www.cqmsraser.com/products/belt-cleaners-primary/>

[10] [online]. [cit. 2014-12-23]. Dostupné z:

<http://www.ceramichose.com/en/product.asp?id=3>

[11] [online]. [cit. 2014-05-02]. Dostupné z:

<http://www.steeltrading.cz/index.php/napinaky/napinak-din-1480-oko-hak>

excentrický upínač [online]. [cit. 2014-05-02]. Dostupné z:

<http://www.marek.eu/cz/produkty/b-kipp-b-mechanicke-komponenty/upinaci-prvky/upinaci-naradi-svorky-paky-haky-klinove-upinace/k0005-04232-excentricke-packy-s-vnitrim-nebo-vnejsim-zavitem-provedeni-ocel-nebo-nerez/>

přidaný válec [online]. [cit. 2014-05-02]. Dostupné z:

<http://www.amgpicha.cz/valecky-ocelove/hladke/>

[12]Leinveber J., Vávra P., Strojnické tabulky. Albra, Úvaly, 2008, ISBN 978-80-7361-051-7

[13]Kaláb K., Části spojovací. Skripta, Ostrava, 2012.

[14]Hubka V., Konstrukční nauka. Zürich, 1995.

Software:

Autodesk Inventor Professional 2014

AutoCAD 2013